

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-071089

(43)Date of publication of application : 07.03.2000

(51)Int.Cl.

B23K 26/08

B23K 26/06

G02B 26/10

(21)Application number : 10-245275

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 31.08.1998

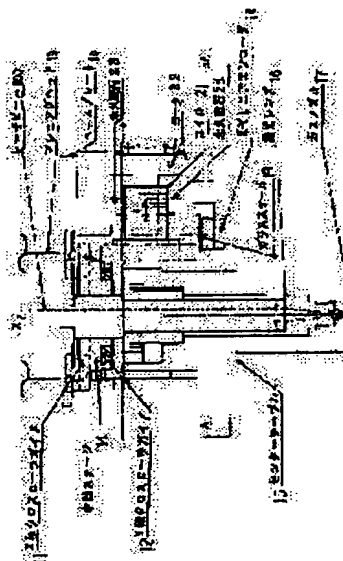
(72)Inventor : SUGIMINE MASANOBU  
TOMITA YOSHIYUKI

## (54) OPTICAL SYSTEM DRIVING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical system driving device for realizing the precise optical system movement and speed-up (shortening) of the acceleration/ deceleration time.

**SOLUTION:** An X-Y table accommodates a light condensing lens 16, and is guided so as to move on two dimensional plane relatively against a base plate 10. An X axial drive system is equipped with an X linear motor which includes a pair of permanent magnets 23 fixed on the base plate side, and an X motor coil 21 being fixed on the X-Y table side, placed between one pair of the permanent magnets, and movable in an X axial direction on the two dimensional plane by interaction between the magnetic flux and the current from the permanent magnets. A Y axial drive system is similarly equipped with one pair of the permanent magnets fixed on the base plate side, and a Y motor coil which is fixed on the X-Y table side, placed between one pair of the permanent magnets, and movable in a Y axial direction on the two dimensional plane by interaction between the magnetic flux and the current from the permanent magnets.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-71089

(P2000-71089A)

(43) 公開日 平成12年3月7日(2000.3.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
B 2 3 K 26/08		B 2 3 K 26/08	B 2 H 0 4 5
26/06		26/06	A 4 E 0 6 8
G 0 2 B 26/10		G 0 2 B 26/10	C
	1 0 5		1 0 5 A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-245275

(22) 出願日 平成10年8月31日(1998.8.31)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 杉峰 正信

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重  
機械工業株式会社平塚事業所内

(72) 発明者 富田 良幸

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重  
機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

Fターム(参考) 2H045 AB04

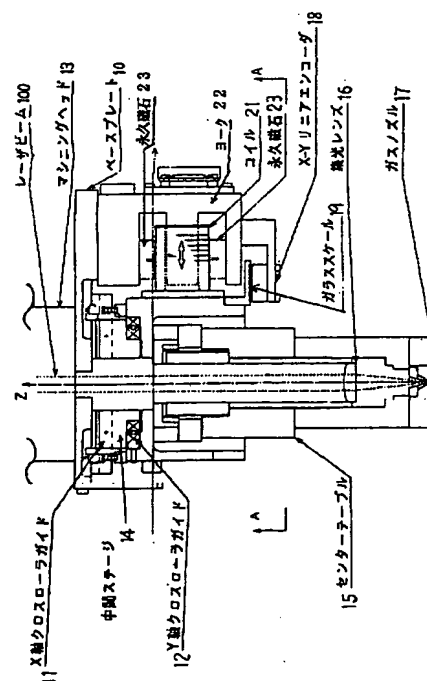
4E068 CA09 CB01 CE02

(54) 【発明の名称】 光学系駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 光学系の移動の高精度化並びに加減速時間の高速化(短縮化)を実現できる光学系駆動装置を提供すること。

【解決手段】 X-Yテーブルは、集光レンズ16を搭載し、ベースプレート10に対して相対的に2次元平面内で移動するように案内される。X軸駆動系として、ベースプレート側に固定された一対の永久磁石23と、X-Yテーブル側に固定され、一対の永久磁石の間にあってこれらの永久磁石からの磁束と電流との相互作用により2次元平面内のX軸方向に可動のXモータコイル21を含むXリニアモータを備える。Y軸駆動系として、同様に、ベースプレート側に固定された一対の永久磁石と、X-Yテーブル側に固定され、一対の永久磁石の間にあってこれらの永久磁石からの磁束と電流との相互作用により2次元平面内のY軸方向に可動のYモータコイルを備える。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 光学系を搭載し、固定ベースに対して相対的に 2 次元平面内で移動するように案内されるテーブル部材と、

前記固定ベースに磁極面が互いに対向するように固定された少なくとも一対の X 軸用永久磁石と、前記テーブル部材に固定され、前記少なくとも一対の X 軸用永久磁石の間にあって前記 X 軸用永久磁石からの磁束と電流との相互作用により前記 2 次元平面内の X 軸方向に可動の X 軸用コイルとを含む X 軸駆動系と、

前記固定ベースに磁極面が互いに対向するように固定された少なくとも一対の Y 軸用永久磁石と、前記テーブル部材に固定され、前記少なくとも一対の Y 軸用永久磁石の間にあって前記 Y 軸用永久磁石からの磁束と電流との相互作用により前記 2 次元平面内の Y 軸方向に可動の Y 軸用コイルとを含む Y 軸駆動系とを備えたことを特徴とする光学系駆動装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光学系駆動装置において、前記 X 軸駆動系及び前記 Y 軸駆動系はそれぞれ、前記固定ベースに固定された略 E 字形のヨーク部材を有し、その両外側の脚部の内側にそれぞれ同磁極面が対向するように永久磁石が固定され、中央の脚部がコイルを貫通していることにより、ボイスコイル型リニアモータを構成していることを特徴とする光学系駆動装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の光学系駆動装置において、前記コイルの移動方向の延在長が、前記永久磁石の前記移動方向と同方向の延在長より、前記コイルのストローク分だけ長くされていることを特徴とする光学系駆動装置。

【請求項 4】 請求項 2 記載の光学系駆動装置において、X 軸用の前記ボイスコイル型リニアモータ及び Y 軸用の前記ボイスコイル型リニアモータはそれぞれ、それぞれのコイルに作用する推力が前記テーブル部材を含む可動部の重心に向かう位置に配置されることを特徴とする光学系駆動装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学系を搭載したテーブル部材を固定ベースに対して相対的に 2 次元平面内で移動させるための光学系駆動装置に関し、特に、レーザ加工装置のように集光レンズを収容したレーザ照射用ノズル及びテーブルを 2 次元平面内で移動させてレーザ加工を行うのに適した光学系駆動装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 レーザビームにより切断あるいは穴あけのような微細加工を行なうには、加工対象物表面に集光されたレーザビーム集光点を高精度に走査することが必要である。走査速度は、加工対象物の材質、厚さやレーザ光源のパワー等の加工条件によって決定される。

【0003】 近年、レーザ光源の大パワー化、生産速度

向上の要求等から、走査速度は高速化する傾向にあり、集光レンズを収容している照射用ノズルに高速かつ高精度の軌跡生成能力が要求される。このような要求に応えるため、本発明者らはトレパニングヘッドと称する光学系駆動装置を提案した（特開平 7-9178 号）。

【0004】 図 8～図 11 を参照して、上記のトレパニングヘッドについて説明する。

【0005】 図 8 は、トレパニングヘッドの要部を概略的に示している。集光レンズ 81 は、構造体 82 に保持されている。構造体 82 は、構造体 83 及びカップリング 84、85 を介して固定ベース 80 に 2 次元方向内で移動自在に保持されている。構造体 82 には、コア 90 にまかれたコイル 91 が固定されており、コイル 91 と対向して永久磁石 92 が配置されている。永久磁石 92 は、固定ベース 80 に固定されたヨーク 93 に設置されている。構造体 82 の位置は、変位センサ 95a、95b によって 2 軸方向でモニタされる。

【0006】 コイル 91 に制御された電流を流すことにより、コイル 91 には 2 次元方向の駆動力が作用し、構造体 82 を 2 次元平面内で駆動する。なお、集光レンズ 81 を保持する構造体 82 にコイル 91 を設ける構成を示したが、構造体 82 に永久磁石を固定して可動とし、対向して固定ベース 80 に固定されたコイルを配置してもよい。構造体 82 に基準位置に復帰するための復帰力を作用させることもできる。

【0007】 図 9 は、集光レンズ 81 の駆動により、レーザビーム 100 の集光点 101 を走査させる原理を概略的に示す。集光レンズ 81 の光軸 O<sub>x</sub> に関し、レーザビーム 100 が偏心した位置から入射した場合には、レーザビーム 100 の集光点 101 は、光軸 O<sub>x</sub> に関し、反対側に位置する。集光レンズ 81 をレーザビーム 100 の軸の周囲に回転運動させると、集光点 101 は円運動を行なう。このような操作により、加工対象物に微細な円形開孔やピアホールを形成することができる。

【0008】 このように、集光レンズ 81 を円軌道上に駆動するため、構造体 82 には、コイル 91 と永久磁石 92 との組合せを含み、2 方向に推力を発生させる電磁駆動手段が設けられている。

【0009】 図 10 は、電磁駆動手段の機能を説明するための概略図である。図 10 において、ヨーク 93 上には複数の永久磁石 92 が配置されている。永久磁石 92 の磁極は、図 10 中、上下方向に向けられ、上面の極が、N 極、S 極、N 極、S 極、と交互になるように配置されている。

【0010】 永久磁石 92 の上方には、コア 90 に巻かれたコイル 91 が配置されている。コイル 91 は、各永久磁石 92 に対応して分割して配置されている。ここで、コイル 91 の 1 単位の幅は永久磁石 92 の 1 単位の幅よりも狭くされ、コイル 91 が駆動されるストローク域内で均等な力を発揮できるようにされている。

【0011】図11に示すように、永久磁石92から発する磁力線Bがコイル91の下側の巻線と交差する。このコイル91に図10中に示すような電流*i*を流すと、フレミングの法則に基づく電磁力によりコイル91には図面に垂直方向の力が発生する。

【0012】図10に示すように、磁力線は永久磁石92のN極から隣接する永久磁石92のS極に向かう。隣接するコイル91には逆方向の電流を供給すると、隣接するコイル91に入射する磁力線の向きの反転を相殺して、同一方向に推力が発生する。

【0013】コア90に磁性体を用いれば、永久磁石92から発する磁力線は、コイル91の下側巻線を通じた後、コア90内に入り、隣接する永久磁石92に向かって進み、コイル91の上側の巻線にはほとんど到達しない。したがって、永久磁石92の磁極を交互に反転させ、隣接するコイル91に逆方向の電流を供給することにより、図10の面に平行な方向に推力を発生することができる。ただし、コア90に磁性体を用いることは必須要件ではなく、非磁性体としても良い。

【0014】コイル91の上側の巻線と下側の巻線を磁力線が横切ると、逆方向の力が発生するが、磁力線の分布はコイル91の下側で密、コイル91の上側で粗になるため、全体としてはコイル91の下側の巻線に発生する力の方向に推力が発生する。

【0015】構造体82が移動自在なX-Y平面内において、X軸方向駆動用の電磁駆動手段とY軸方向駆動用の電磁駆動手段とを備えることにより、2次元方向に任意の駆動を行うことができる。

【0016】図12を参照して、上記のトレパニングヘッドの加工原理を説明する。加工原理は、上記のトレパニングヘッドを用いて集光用レンズ81の収まったガスノズル200全体を2次元平面内で移動させることにより、レーザービーム100の集光点(焦点)Pを走査し切断加工を行う。ここで、レーザービームによる切断加工の精度を決める要因として、切断部にアシストガスノズル201より供給されるアシストガスの向きと流量が一定であることが重要である。そのため、本例ではガスノズル200全体を駆動する構成としている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】以下に、上記のトレパニングヘッドの問題点について述べる。

【0018】1) 上記の電磁駆動手段では、図10に示すように、推力発生部の磁気回路の空隙が大きい構成となっており、磁気抵抗が大きいためコイル91の推力発生部での磁束密度が小さい。よって、推力発生部の推力定数(N/A)は小さく、発生推力/可動部質量比(加速度)も小さくなり、加減速能力が低い。

【0019】2) 図13をも参照して、移動精度を決める要因の一つとして、フィードバック用の変位センサ95a(95b)の配置並びにセンサターゲット110の

取付精度がある。前者の変位センサ95a(95b)の配置においては、ガイド系111で発生したピッチング運動による誤差は、変位センサ95a(95b)と集光点Pとの間の垂直方向の距離Lによるアップ誤差*e*の原因となる。すなわち、制御目標点は集光点Pであるのに対し、ガイド系111がピッチング誤差 $\theta_P$ を発生すると、集光点Pではアップ誤差 $e(=L \cdot \sin \theta_P)$ が生じる。また、X軸、Y軸の直交度はX軸及びY軸のそれぞれのセンサターゲット間の取付時の直交度に依存するため、その部品の加工精度及び取付基準面の加工精度に支配される。このことから、移動精度に限界がある。

【0020】以上のような理由で、近年のニーズに対して上記のトレパニングヘッドでは移動の高速化並びに高精度化に限界があった。

【0021】本発明は、光学系の移動の高精度化並びに加減速時間の高速化(短縮化)を課題としている。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明による光学系駆動装置は、光学系を搭載し、固定ベースに対して相対的に2次元平面内で移動するように案内されるテーブル部材と、前記固定ベースに磁極面が互いに対向するように固定された少なくとも一対のX軸用永久磁石と、前記テーブル部材に固定され、前記少なくとも一対のX軸用永久磁石の間にあって前記X軸用永久磁石からの磁束と電流との相互作用により前記2次元平面内のX軸方向に可動のX軸用コイルとを含むX軸駆動系と、前記固定ベースに磁極面が互いに対向するように固定された少なくとも一対のY軸用永久磁石と、前記テーブル部材に固定され、前記少なくとも一対のY軸用永久磁石の間にあって前記Y軸用永久磁石からの磁束と電流との相互作用により前記2次元平面内のY軸方向に可動のY軸用コイルとを含むY軸駆動系とを備えたことを特徴とする。

【0023】なお、前記X軸駆動系及び前記Y軸駆動系はそれぞれ、前記固定ベースに固定された略E形のヨーク部材を有し、その両外側の脚部の内側にそれぞれ同磁極面が対向するように永久磁石が固定され、中央の脚部がコイルを貫通していることにより、ボイスコイル型リニアモータを構成しているものが好ましい。

【0024】前記コイルの移動方向の延在長は、前記永久磁石の前記移動方向と同方向の延在長より、前記コイルのストローク分だけ長くされていることが望ましい。

【0025】X軸用の前記ボイスコイル型リニアモータ及びY軸用の前記ボイスコイル型リニアモータはそれぞれ、それぞれのコイルに作用する推力が前記テーブル部材を含む可動部の重心に向かう位置に配置されることが望ましい。

【0026】

【発明の実施の形態】図1、図2を参照して、本発明の実施の形態について説明する。全体はベースプレート10、2組(X軸、Y軸)のクロスローラガイド11、1

2によって案内されるX-Yテーブル、駆動系である2組(X軸、Y軸)のリニアモータ20、30から構成される。

【0027】固定構造体であるマシニングヘッド13側から構造を説明すると、ベースプレート10上にY軸クロスローラガイド12によって直線運動が案内される中間ステージ14がある。中間ステージ14上にはY軸クロスローラガイド12と直交する方向にX軸クロスローラガイド11によって直線運動が案内されるセンターテーブル15が締結されている。これによりX-Yテーブルを構成している。

【0028】次に、センターテーブル15に集光用レンズ16を含むガスノズル17が固定されている。ガスノズル17を含むX-Yテーブルは、センターテーブル15の側面にL字状に配置されたXリニアモータ20、Yリニアモータ30により駆動される。本形態で用いるリニアモータは、ムービングコイルを用いた、いわゆるボイスコイルモータを採用し、センターテーブル15に対してXモータコイル21、Yモータコイル31のそれぞれの中心軸が直交するように締結されている。

【0029】次に、図3を参照してXリニアモータ20の構造について説明する。このXリニアモータ20は、E型のヨーク22と、ヨーク21の両外側の脚部の内側に固定された一対の永久磁石23、ヨーク21の中央の脚部に設けられたXモータコイル21によって構成される。一対の永久磁石23は、同磁極面が対向するように配置され、これらの間にXモータコイル21がその中心軸方向に可動の状態で配置されている。

【0030】ヨーク22と一対の永久磁石23とによる磁気回路は、図3に破線で示すように形成される。被駆動部となるXモータコイル21は中空のコイルボビン24に巻かれており、図中上側の巻線部分には上側の永久磁石23の磁束が作用し、図中下側の巻線部分には下側の永久磁石23の磁束が作用する。そして、Xモータコイル21に、巻線に付した方向で電流を流すと、図中上側の巻線部分と図中下側の巻線部分には同じ方向に力が発生し、結果として、図中のX方向に推力Fを発生する。この構造は、Yリニアモータ30の場合もまったく同じであるので、図示説明は省略する。

【0031】図4に図3のXリニアモータ20の上面図を示す。Xリニアモータ20のXモータコイル21は、X-Y平面上を運動するセンターテーブル15に固定される。このため、その移動方向の延在長は、推力発生方向(X方向)に関して、永久磁石23の寸法に可動ストロークを加えた寸法としている。Yモータコイル31についても同様であり、その移動方向の延在長は、推力発生方向(Y方向)に関して、永久磁石23の寸法に可動ストロークを加えた寸法としている。

【0032】X-Yテーブルの位置検出は、図1に示すように、X-Y平面の直交する2軸を同時計測できるX

-Yリニアエンコーダ18によって行われる。本形態では、ガスノズル17が固定されるセンターテーブル15の端面にX-Yリニアエンコーダ18の一部となるガラススケール19を固定し、センサヘッドをリニアモータのステータ部に配置している。そのため、可動部側にはセンシングのためのケーブルが必要の無い構成である。この種のX-Yリニアエンコーダ18は周知であるので詳しい説明は省略する。

【0033】図1において、本装置及びガスノズル17内には、可動ストローク範囲内でどの位置にあってもレーザビーム100の光路を確保できるように貫通穴が形成されている。

【0034】図1において、可動部はX-Yテーブル、ガスノズル17、Xモータコイル21、及びYモータコイル31である。これらの可動部は、X軸クロスローラガイド11によりX軸方向に並進案内され、Y軸クロスローラガイド12により、それに直交する方向(Y軸方向)に並進案内される。その結果、ヨー方向の回転運動を拘束されながら2次元平面、すなわちX-Y平面上を案内される。

【0035】図3において、可動部を駆動するX軸方向の推力について述べる。前に述べたように、破線で示す磁気回路により上部ギャップ26中を図中下向きに向かう磁束とXモータコイル21の上側の巻線に流れる電流とにより、図中左(あるいは右)方向にフレミングの法則により電磁力を発生する。下部ギャップ27においては磁束の向きが図中上向きになるが、Xモータコイル21の図中下側の巻線を流れる電流の向きも逆になるため、上部ギャップ26と同一方向に推力を発生する。Xモータコイル21の上下両側の2面で推力を発生させる構成により、従来の電磁駆動手段に比べ推力定数(N/A)を増大させることができる。

【0036】また、磁気回路においても磁気抵抗を低くするために、図3のようなヨーク22の形状とすることで、推力発生部のギャップの磁束密度を大きくしている。同様に、Y軸方向の推力もX軸方向に直交するように配置されたもう一組のYリニアモータ30により駆動用推力を得ている。特に、全ストロークで均一な推力(通電電流を一定とする)を発生できるように、図4で説明したように、Xモータコイル21あるいはYモータコイル31の永久磁石23と対向する面積を永久磁石23の面積に平面内のストローク分(X軸方向、Y軸方向)を加えた寸法としている。また、センターテーブル15にXモータコイル21、Yモータコイル31を直接付属させている。これにより、被駆動部であるガスノズル17を直接、X軸方向、Y軸方向共に駆動することができる。

【0037】また、図5のリニアモータの通電電流と発生推力との関係が任意の位置において得られる。

【0038】以上により、それぞれのリニアモータによ

り可動部に任意の推力ベクトル  $F$  (X 軸、Y 軸) を作用させることで任意の運動ができる。また、推力を直接可動部に作用させることができるリニアモータを用いてバックラッシュの無い駆動方法とすることができる。

【0039】図 6 に本光学系駆動装置の位置制御システムの構成を示す。本位置制御システムでは、X 軸、Y 軸の各軸の指令値  $X_{ref}$ 、 $Y_{ref}$  に基づいて位置制御装置 41、42 により、電流アンプ 43、44 を介して X リニアモータ 20、Y リニアモータ 30 をそれぞれ駆動する。可動部の変位量は X-Y リニアエンコーダ 18 によりセンターテーブル 15 上面で非接触にて計測され、計測された X 軸方向変位量  $X_{ap}$ 、Y 軸方向変位量  $Y_{ap}$  がそれぞれ減算器 45、46 を通して位置制御装置 41、42 にフィードバックされることにより、いわゆるフィードバック制御による位置制御が行われる。

【0040】本来、本装置の位置制御対象はガスノズル 17 内の集光レンズ 16 の移動であるが、X-Y リニアエンコーダ 18 の計測が集光レンズ 16 の近傍に対して行われるため、案内系のピッチング運動による計測誤差 (アップ誤差) は低く抑えられる構造となっている。

【0041】本形態では、高速・高加減速時の軌跡指令に対する追従精度を確保するため、X リニアモータ 20、Y リニアモータ 30 をそれぞれ、図 1 において可動部の重心と同じ高さ位置であって各モータの推力発生方向 (X 軸方向、Y 軸方向) が、可動部の重心に向かう位置に配置している。これにより、案内系のガイドにモータ推力によるモーメントの発生を押さえ、ピッチング誤差を無くし、加減速運動時の軌跡精度を確保している。

【0042】なお、本形態では、推力発生源として X、Y それぞれの軸に 1 組ずつのリニアモータを配置したが、より高い加速度を得たい場合、図 7 に示すように、1 軸当たり 2 組のリニアモータ 20-1、20-2、30-1、30-2 を配置するようにしても良い。この場合、センターテーブル 15 を間にした対象位置に一对の X リニアモータ 20-1、20-2、一对の Y リニアモータ 30-1、30-2 が配置される。

【0043】また、上記の形態では、レーザ加工装置に適用する場合について説明したが、これに限らず、顕微鏡光学系の平面駆動装置や、半導体製造装置であるダイボンダーやワイヤボンダのボンダヘッドの位置決め用 X-Y ステージにも適用することができる。

【0044】

【発明の効果】1) ノズルの移動軌跡を高精度かつ高速に移動制御することが可能となる。しかも、従来機では X 軸方向及び Y 軸方向の運動の直交度は、装置の組み立て精度に依存していたが、本発明では、X-Y リニアエンコーダの測定精度に依存するためこの誤差は小さくできる。

【0045】2) 従来の電磁駆動手段の配置では、電磁

駆動手段間の推力差が、加減速運動時、案内系に不要なモーメントを発生させていたが、本発明ではリニアモータの推力発生時のモーメントによる運動誤差が低く抑えられるモータ配置である。

【0046】3) リニアモータに任意形状のコマンドを与えることで任意形状に移動させることができ、その結果、任意形状の加工を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による光学系駆動装置をレーザ加工装置に適用した場合の主要部の構成を示した縦断面図である。

【図 2】図 1 の装置を線 A-A 部分から見た図である。

【図 3】図 1 に示された X リニアモータを説明するための図である。

【図 4】図 3 の X リニアモータにおけるコイルと永久磁石との関係を説明するための上面図である。

【図 5】本発明で使用するリニアモータの電流-発生推力の関係を示した特性図である。

【図 6】本発明による光学系駆動装置における位置制御システムの構成を示した図である。

【図 7】本発明に使用されるリニアモータの組合せの他の例を示した図である。

【図 8】従来の光学系駆動装置の一例を説明するための主要部の構成を示した断面図である。

【図 9】図 8 における集光レンズとレーザビームとの関係を説明するための図である。

【図 10】図 8 における電磁駆動手段の構成を示した図である。

【図 11】図 10 における永久磁石とコイルとの相互作用による推力発生作用を説明するための図である。

【図 12】図 8 の光学系駆動装置を適用した場合の加工原理を説明するための図である。

【図 13】従来の光学系駆動装置におけるアップ誤差を説明するための模式図である。

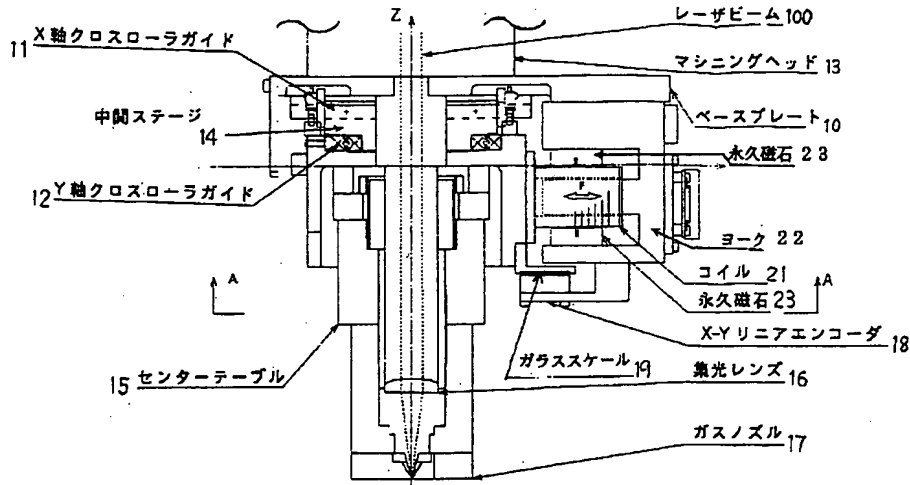
【符号の説明】

10	ベースプレート
11	X 軸クロスローラガイド
12	Y 軸クロスローラガイド
13	マシニングヘッド
14	中間ステージ
15	センターテーブル
16	集光レンズ
17	ガスノズル
18	X-Y リニアエンコーダ
19	ガラススケール
20	X リニアモータ
21	X モータコイル
22	ヨーク
23	永久磁石
24	コイルボビン

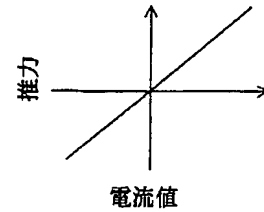
30 Yリニアモータ  
31 Yモータコイル

100 レーザビーム

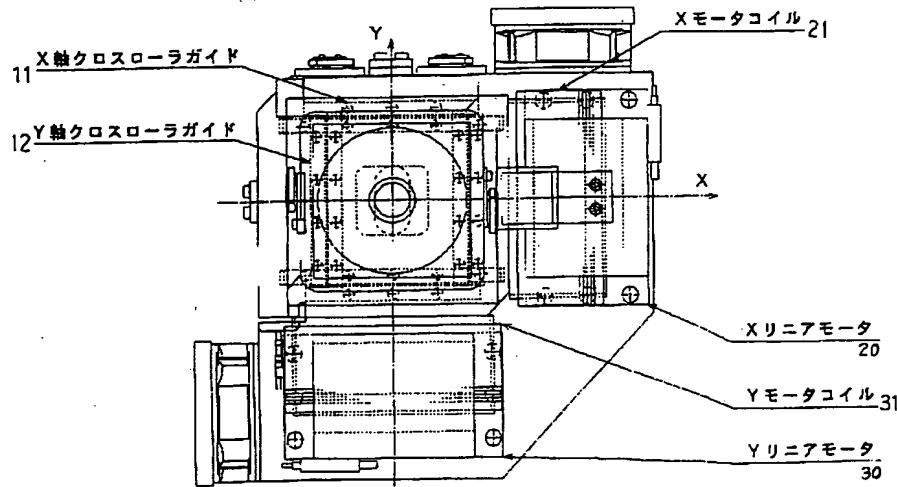
【図1】



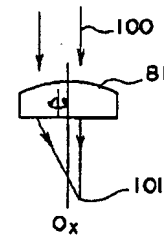
【図5】



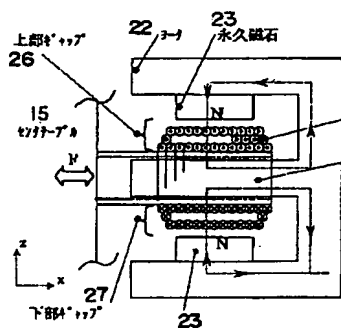
【図2】



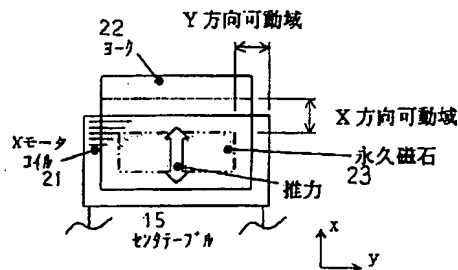
【図9】



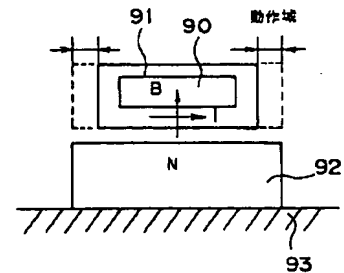
【図3】



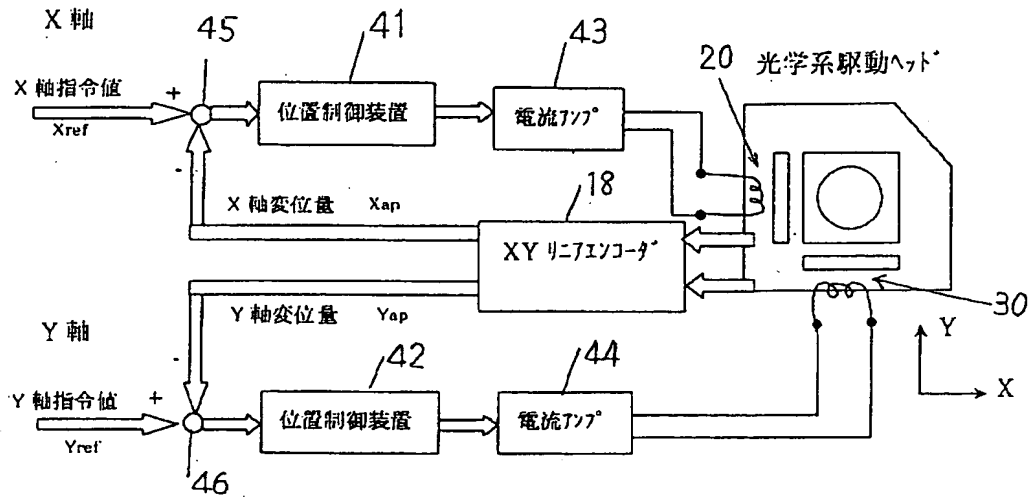
【図4】



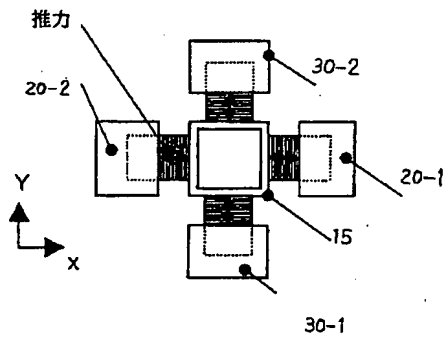
【図11】



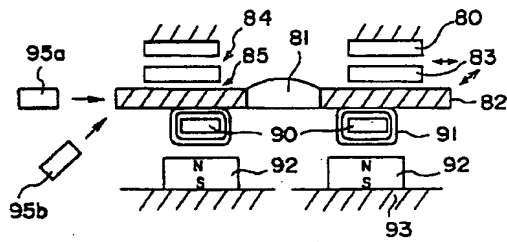
【図6】



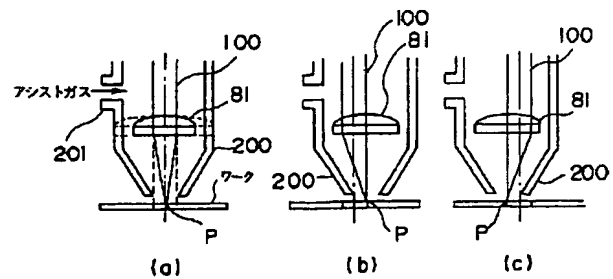
【図7】



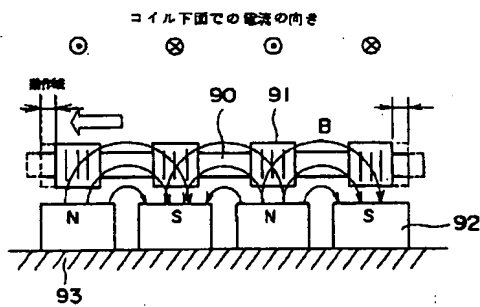
【図8】



【図12】



【図10】





【図 13】

